

**Б. Б. Утегулов, А. Б. Утегулов, А. Б. Уахитова,
Д. Б. Башим, М. С. Жанайдаров**
*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Астана, Казахстан*

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ В СЕТИ 6 КВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

По мере усложнения дискретных систем все большее внимание привлекают неалгоритмические параллельные системы с недетерминированным поведением, в которых отдельные компоненты функционируют в основном независимо, взаимодействуя друг с другом время от времени. Примером могут служить следующие системы параллельной обработки информации: многопроцессорные вычислительные машины, параллельные программы, моделирующие параллельные дискретные системы и их функционирование, многозадачные операционные системы, асинхронные электронные схемы и т.п. Системы с параллельно функционирующими и асинхронно (т.е. в произвольные моменты времени) взаимодействующими компонентами не описываются адекватно в терминах классической теории автоматов. Среди многих существующих методов описания и анализа дискретных параллельных систем выделился подход, который основан на использовании сетевых моделей, восходящих к сетям специального вида, предложенных Карлом Петри для моделирования асинхронных информационных потоков в системах преобразования данных.

Формальная теория сетей Петри занимается разработкой основных средств, методов и понятий, необходимых для применения сетей Петри. Моделирование в сетях Петри осуществляется на событийном уровне, то есть определяется тем, какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям, и какие состояния примет система после выполнения действий. Выполнение событийной модели в сетях Петри описывает поведение системы.

В качестве реального приложения сетей Петри можно рассмотреть пример построения математической модели устройства контроля состояния изоляции и тока однофазного замыкания на землю в электрических сети 6 кВ собственных нужд электростанций.

При моделировании в сетях Петри места символизируют какое-либо состояние системы, а переходы символизируют какие-то действия, происходящие в системе. Система, находясь в каком-то состоянии, может порождать определенные действия, и наоборот: выполнение какого-то действия переводит систему из одного состояния в другое. Текущее состояние системы определяет маркировку сети Петри, то есть расположение меток в местах сети. Выполнение действия в системе, в сетях Петри определяется как срабатывание переходов. Срабатывание переходов порождает новую маркировку, то есть порождает новое размещение меток в сети.

Сеть Петри представляет собой ориентированный граф:

$$C = (T, P, F, M_0),$$

- где $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}, n > 0$ — конечное множество переходов;
 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}, m > 0$ — конечное множество позиций;
 $F: P \times T \cup P \times T \rightarrow (0, 1)$ — функция инцидентности, указывающая наличие дуг, связывающих места с переходами и переходы

с местами;
 $M_0 : P \rightarrow \{1, 2, 3, : \}$ – начальная маркировка.

Процесс определения параметров изоляции и тока однофазного замыкания на землю в электрической сети напряжением 6 кВ собственных нужд электростанций сводится к выполнению следующих действий:

- подключение дополнительной активной проводимости к одной из фаз сети;
- считывание с выводов вторичных обмоток трансформатора напряжения сигналов модулей линейного напряжения сети, напряжения фазы относительно земли, напряжения нулевой последовательности;
- аналого-цифровое преобразование модулей линейного напряжения, напряжения фазы относительно земли, напряжения нулевой последовательности;
- вычисление значений параметров изоляции и тока однофазного замыкания на землю;
- запись в память вычисленных значений параметров изоляции и тока однофазного замыкания на землю, а также вывод значений на дисплей;
- отключение выключателя дополнительной активной проводимости от электрической сети.

Сеть Петри определяется как двудольный граф, то есть вершины графа относятся к одному из двух классов – позициям и переходам. Позиции изображаются окружностями, переходы – отрезками прямой. Дуги в сетях Петри направленные, причем каждая дуга связывает вершины только разных классов.

На рис. 1 представлена сеть Петри устройства контроля состояния изоляции и тока однофазного замыкания на землю в сети напряжением 6 кВ собственных нужд электростанций.

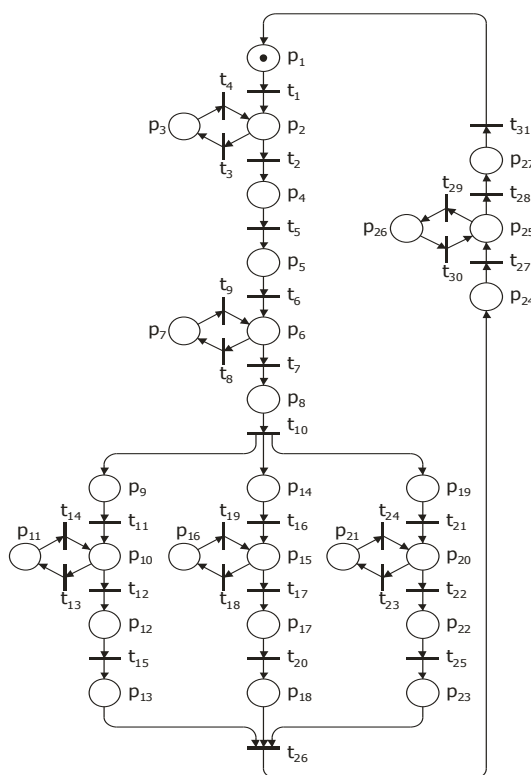


Рис. 1. Сеть Петри устройства контроля состояния изоляции и тока однофазного замыкания на землю в сети напряжением 6 кВ собственных нужд электростанций.

Обозначение позиций следующее:

- p_1 – начало, устройство готово к работе (наличие линейного напряжения в электрической сети);
- p_2 – ожидание включения выключателя QF дополнительной активной проводимости;
- p_3 – дополнительная активная проводимость не подключена к сети;
- p_4 – дополнительная активная проводимость подключена к одной из фаз сети;
- p_5 – модули напряжения фазы относительно сети, линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности считаны с трансформатора напряжения TV;
- p_6 – ожидание завершения преобразования модулей напряжения в цифровой код;
- p_7 – преобразование не завершено;
- p_8 – преобразование завершено;
- p_9 – подготовка к вычислению величины активной проводимости сети g ;
- p_{10} – ожидание завершения вычисления величины g ;
- p_{11} – вычисление g не завершено;
- p_{12} – вычисление g завершено;
- p_{13} – величина g сохранена в памяти;
- p_{14} – подготовка к вычислению величины емкостной проводимости сети b ;
- p_{15} – ожидание завершения вычисления величины b ;
- p_{16} – вычисление b не завершено;
- p_{17} – вычисление b завершено;
- p_{18} – величина b сохранена в памяти;
- p_{19} – подготовка к вычислению величины тока однофазного замыкания на землю I_0 ;
- p_{20} – ожидание завершения вычисления величины I_0 ;
- p_{21} – вычисление I_0 не завершено;
- p_{22} – вычисление I_0 завершено;
- p_{23} – величина I_0 сохранена в памяти;
- p_{24} – отображение величин g , b , I_0 на дисплее;
- p_{25} – ожидание отключения выключателя QF;
- p_{26} – выключатель QF не отключен;
- p_{27} – выключатель QF отключен.

Обозначение переходов:

- t_1 – подключение выключателя QF дополнительной активной проводимости к электрической сети;
- t_2 – опрос таймера (отсчет времени, необходимого для подключения выключателя дополнительной активной проводимости, завершен – переход в позицию p_4);
- t_3 – опрос таймера (отсчет времени не завершен – переход в позицию p_3);
- t_4 – проверка подключения выключателя QF в сети;
- t_5 – считывание модулей напряжения фазы относительно земли, линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности с трансформатора напряжения TV;
- t_6 – запуск аналого-цифрового преобразователя, преобразование модулей напряжения в цифровой код;
- t_7 – опрос таймера (отсчет времени, необходимого для преобразования, завершен – переход в позицию p_8);
- t_8 – опрос таймера (отсчет времени не завершен – переход в позицию p_7);

- t_9 – повторный опрос аналого-цифрового преобразования;
- t_{10} – распараллеливание;
- t_{11} – вычисление величины активной проводимости сети g ;
- t_{12} – опрос таймера (вычисление g завершено – переход в позицию p_{12});
- t_{13} – опрос таймера (вычисление g не завершено – переход в позицию p_{11});
- t_{14} – вычисление величины g ;
- t_{15} – сохранение величины g в памяти;
- t_{16} – вычисление величины емкостной проводимости сети b ;
- t_{17} – опрос таймера (вычисление b завершено – переход в позицию p_{17});
- t_{18} – опрос таймера (вычисление b не завершено – переход в позицию p_{16});
- t_{19} – вычисление величины b ;
- t_{20} – сохранение величины b в памяти;
- t_{21} – вычисление величины тока однофазного замыкания на землю I_0 ;
- t_{22} – опрос таймера (вычисление I_0 завершено – переход в позицию p_{22});
- t_{23} – опрос таймера (вычисление I_0 не завершено – переход в позицию p_{21});
- t_{24} – вычисление величины I_0 ;
- t_{25} – сохранение величины I_0 в памяти;
- t_{26} – вывод значений g , b , I_0 на дисплей;
- t_{27} – отключение выключателя QF от электрической сети;
- t_{28} – опрос таймера (отсчет времени, необходимого для отключения выключателя дополнительной активной проводимости, завершен – переход в позицию p_{27});
- t_{29} – опрос таймера (отсчет времени не завершен – переход в позицию p_{26});
- t_{30} – проверка отключения выключателя QF от сети;
- t_{31} – переход к началу.

На основе того, что сеть Петри позволяет осуществлять параллельную обработку информации и моделирование осуществляется на событийном уровне, то есть, с целью определить какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям, и какие состояния примет система после выполнения действий, можно предположить, что модель устройства контроля состояния изоляции и тока однофазного замыкания на землю в сети 6 кВ собственных нужд электростанций и горнорудных предприятий позволит улучшить качество контроля состояния электрических сетей.

Список использованных источников

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. 263 с.
2. Кудрявцев В. Б., Алешин С. В., Подколзин А. С. Введение в теорию автоматов. М.: Наука, 1985. 320 с.
3. Утегулов Б. Б., Шинтемиров А. М. Разработка микропроцессорных средств определения и способов компенсации токов однофазного замыкания на землю в электрических сетях 6-10 кВ. Павлодар, 2003. 156 с.
4. Котов В. Е. Сети Петри. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1984. 160 с.